

Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Limbah Serbuk Kayu Bengkirai sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut

Alif Nurhadiansyah^a, Irfana Diah Faryuni^{a*}, Boni Pahlanop Lapanporo^a

^aProdi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, Jalan Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

*Email : Irfana@physics.untan.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan sintesis dan karakterisasi karbon aktif dari limbah serbuk kayu bengkirai. Penelitian bertujuan untuk mengetahui efektivitas karbon aktif kayu bengkirai dalam menyerap logam Fe pada air gambut. Serbuk kayu bengkirai dikarbonisasi pada suhu 500°C selama 2 jam, kemudian diaktivasi dengan larutan asam klorida (HCl) dan larutan asam fosfat (H₃PO₄) dengan konsentrasi tiap aktivator sebesar 25%. Setelah itu karbon diaktivasi secara fisika dengan menggunakan suhu kalsinasi 700°C, 800°C, dan 900°C. Kemudian karbon aktif diujikan sebagai adsorben dengan parameter logam Fe pada air gambut. Sebanyak 1,0 g karbon aktif serbuk kayu bengkirai dimasukkan ke dalam 1000 mL air gambut. Air gambut yang digunakan berasal dari air parit yang terletak di titik koordinat 00°06'34.5" LU dan 109°24'27.5" BT. Dari penelitian yang telah dilakukan, karbon aktif dari serbuk kayu bengkirai dengan ukuran pori terbesar dihasilkan oleh karbon aktif yang diaktivasi menggunakan larutan asam fosfat pada suhu 800°C yakni 9,88 µm dan efektivitasnya dalam menyerap logam Fe pada air gambut yaitu 35,1%.

Kata kunci : Karbon Aktif, Kayu Bengkirai, Fe, Air Gambut, Asam Fosfat, Asam Klorida

3.1 Latar Belakang

Kayu merupakan biomassa hasil dari hutan dan sumber kekayaan alam yang sudah lama dikenal masyarakat di Indonesia. Kayu dipilih oleh masyarakat karena beberapa faktor diantaranya mudah dalam pengerjaannya, ringan, harganya relatif murah, dan aman bagi lingkungan membuat kayu menjadi prioritas utama dalam dunia kerajinan, konstruksi dan bahan bakar. Namun, seiring berjalannya waktu, penggunaan kayu dewasa ini juga memprihatinkan karena limbah penggergajian bahkan masih ada yang ditumpuk, sebagian dibuang ke sungai, dan dibakar secara langsung. Berdasarkan laporan dari Departemen Kehutanan dan Perkebunan dalam tulisan Bahri (2007) bahwa produksi total kayu gergajian Indonesia mencapai 2,6 juta m³ per tahun sedangkan limbah penggergajian sebanyak 1,4 juta m³ per tahun [1]. Angka tersebut cukup besar karena mencapai separuh dari produksi kayu gergajian.

selulosa dan lignin masing-masing sebesar 52,9% dan 24%. Selain itu kayu ini memiliki kualitas dalam kelas awet I-III dan kekuatan kelas I-II dengan berat jenis 0,62 sampai 0,92. Kualitas kayu bengkirai menunjukkan bahwa kayu tersebut memiliki potensi untuk diolah menjadi karbon aktif.

Karbon aktif atau arang aktif dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung rantai karbon seperti selulosa. Karbon aktif yang dikatakan berkualitas yaitu karbon yang telah melalui proses secara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas dan memiliki luas permukaan berkisar antara 300-3500 m²/gram. Berhubungan dengan struktur pori internal yang luas, menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben yang bagus [2].

Umumnya karbon aktif dibuat dari tempurung kelapa [3], kulit durian [4], kayu meranti merah [5], pelepah aren [6], dan kayu bakau [7]. Akan tetapi belum ada yang mengkaji bengkirai menjadi karbon aktif sebagai adsorben untuk air tercemar dan logam berat serta zat-zat beracun.

Metode dalam mengaplikasikan daya serap karbon aktif dapat menggunakan salah satu cara, yaitu dengan menentukan nilai kandungan logam pada air gambut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Apriani, karbon aktif diolah dari kulit durian yang diaktivasi dengan larutan kalium hidroksida (KOH) dan suhu aktivasi 800°C dapat mengurangi kadar logam Fe sebanyak 85,38% pada air gambut [8].

akan kayu untuk perumahan dan gedung terus meningkat. Penyediaan kayu yang berkualitas tinggi semakin menurun. Kayu kelas awet semakin sulit untuk didapatkan. Kayu bengkirai merupakan kayu yang berkualitas tinggi dan termasuk 30 jenis kayu perdagangan. Banyak masyarakat menggunakan kayu bengkirai untuk keperluan perumahan, namun limbah dari kayu bengkirai masih belum dimanfaatkan secara optimal.

Kayu bengkirai (*Shorea laevis* Eudert) dengan merupakan material yang mengandung

Pada penelitian ini, dilakukan sintesis karbon aktif dari limbah serbuk kayu bengkirai. Hasil sintesis ini kemudian dikarakterisasi menggunakan alat, yaitu SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk melihat perbesaran ukuran pori karbon aktif. Uji kualitas hasil sintesis selanjutnya diaplikasikan dengan metode uji serap karbon aktif terhadap logam berat (Fe) pada air gambut.

3.2 Metodologi

Karbonisasi

Proses pembuatan karbon aktif dari serbuk kayu bengkirai melalui berbagai tahap yaitu, tahap pengeringan yang menggunakan oven pada suhu 150°C selama 1 jam. Lalu proses dilanjutkan pada tahap karbonisasi atau proses pembuatan karbon yaitu menggunakan tanur pada suhu 500°C selama 2 jam. Hasil dari proses karbonisasi yaitu berupa karbon dari kayu bengkirai.

Aktivasi

Pengaktifan karbon dari kayu bengkirai melalui tahap aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Tahap aktivasi kimia yaitu pencampuran karbon dengan larutan kimia (aktivator). Variasi aktivator yang digunakan yaitu, asam klorida (HCl) dan asam fosfat (H_3PO_4), konsentrasi aktivator yang digunakan yaitu 25% dengan waktu kontak selama 24 jam. Untuk memudahkan karbon tercampur merata dengan larutan selama aktivasi, terlebih dahulu karbon digerus atau dihaluskan. Perbandingan massa selama proses aktivasi antara massa aktivator : karbon adalah 1:2. Selama proses aktivasi, karbon yang telah diaktifkan ditutup rapat dengan menggunakan *wrapping plastic* untuk mencegah terjadinya kontak reaksi tambahan. Proses selanjutnya, dilakukan pencucian karbon aktif sebanyak 2 kali dengan air mengalir dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 150°C selama 1 jam. Aktivasi fisika merupakan proses pembakaran (kalsinasi) karbon pada tanur menggunakan variasi suhu yaitu 700°C, 800°C, dan 900°C selama 2 jam. Karbon aktif yang diperoleh dari hasil kalsinasi pada temperatur berbeda kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan SEM untuk mengetahui ukuran pori karbon aktif yang terbentuk selama proses sintesis.

Pengujian karbon aktif kayu bengkirai

Sebanyak 1 gram karbon aktif ditimbang dan dimasukkan ke dalam botol plastik dengan ukuran 1 Liter. Campuran air gambut dengan karbon aktif, dikondisikan dengan waktu kontak keduanya selama 24 jam. Setelah 24 jam keduanya dipisahkan dengan saringan dan pada

air gambut yang telah mengalami perlakuan dari setiap variasi dilakukan pengukuran kadar logam besi (Fe). Proses pengukuran dilakukan di laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri (BARISTAND) Pontianak dengan metode uji Besi (Fe): SNI 6989.4:2009.

Analisa Data

Data karakterisasi yang telah diperoleh digunakan sebagai acuan untuk mengetahui ukuran pori permukaan karbon serbuk kayu bengkirai teraktivasi larutan asam fosfat dan asam klorida dengan variasi suhu kalsinasi yaitu 700°C, 800°C dan 900°C. Dengan melakukan pengujian karakterisasi *surface* morfologi karbon aktif serbuk kayu bengkirai, maka data tersebut dapat dijadikan sebagai acuan dengan membandingkan karbon aktif pada uji serap logam Fe pada air gambut.

3.3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakterisasi Karbon Aktif Limbah

Serbuk Kayu Bengkirai

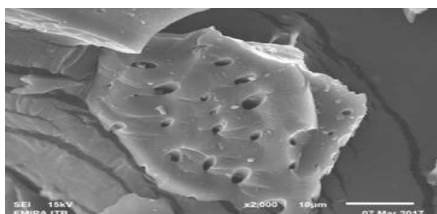
Karakterisasi karbon aktif bertujuan untuk mengetahui morfologi dan ukuran pori karbon aktif. Morfologi permukaan karbon aktif dari serbuk kayu bengkirai yang telah diaktivasi menggunakan variasi suhu dan jenis aktivator diidentifikasi dengan alat SEM (*Scanning Electron Microscope*) dalam perbesaran objek 2000 kali.

3.1.1 Aktivator asam klorida

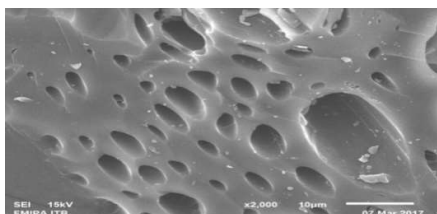
Mikrograf SEM dari karbon aktif limbah kayu bengkirai dengan variasi suhu kalsinasi ditunjukkan pada Gambar 1.

Berdasarkan citra pada Gambar (1.a, 1.b, dan 1.c), pada ada permukaan karbon kayu bengkirai yang diaktivasi dengan menggunakan asam klorida dengan variasi suhu aktivasi pada gambar tersebut, memperlihatkan struktur morfologi permukaan karbon yang terbentuk setelah penambahan aktivator dan pemanasan tidak seragam. Terlihat bahwa ukuran pori terbesar tampak gambar 1.b yakni karbon aktif yang diaktivasi dengan asam klorida pada suhu kalsinasi 800°C yaitu 4,12 μm , sedangkan pada Gambar 1.a dan 1.c, struktur permukaannya tidak didominasi oleh pori yang masing-masing ukuran porinya yaitu sebesar 2,04 μm dan 2,33 μm . Seiring dengan meningkatnya suhu, pada suhu 900°C ukuran pori pun kembali mengecil. Jadi suhu yang terlampaui tinggi juga bisa menyebabkan pola pada struktur permukaan karbon aktif berubah atau rusak sewaktu dilakukan proses aktivasi. Suhu yang tinggi kadang mempengaruhi struktur karbon itu sendiri bahkan dapat membuatnya menjadi

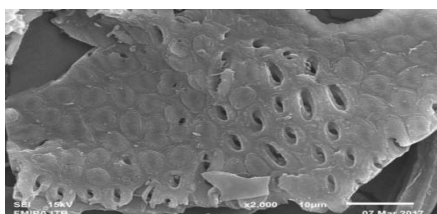
rapuh akibat adanya pengikisan pada dinding pori karbon. Menurut Yusra (2013), akibat pengikisan tersebut, permukaan rongga pori pada karbon aktif menjadi lebih dangkal pula sehingga menyebabkan daya serap menurun. Ini mengakibatkan ukuran molekul ion yang relatif kecil menjadi mudah terlepas dari pori karbon aktif yang lebar.



a.



b.



c.

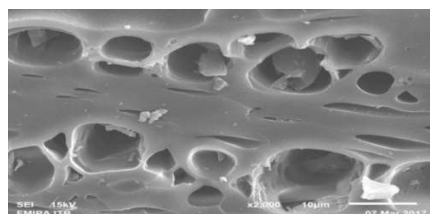
Gambar 1. Morfologi permukaan karbon aktif dari aktivator asam klorida dengan perbesaran 2.000 kali pada suhu kalsinasi (a. 700°C, b. 800°C, c. 900°C)

3.1.2 Aktivator asam fosfat

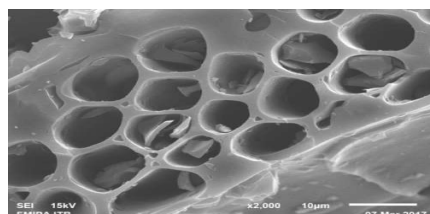
Bentuk partikel dan struktur mikro dari permukaan pori karbon aktif yang diaktivasi menggunakan H_3PO_4 dapat digambarkan dengan SEM pada Gambar 2.

Morfologi karbon aktif dari limbah kayu bengkirai dari SEM pada Gambar 2.b untuk suhu 800°C ukuran pori karbon aktif mencapai 9,88 µm dengan struktur pori permukaan yang lebih seragam dan merata. Pada suhu lainnya, yaitu 700°C dan 900°C membentuk ukuran pori masing-masing 5,86 µm dan 5,64 µm, relatif lebih kecil jika dibandingkan ketika diaktivasi menggunakan suhu 800°C. Dari hasil tersebut, dapat diketahui bahwa suhu aktivasi pada sampel karbon aktif mempengaruhi dalam

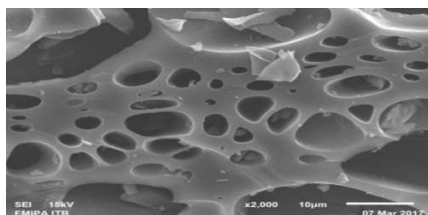
pembentukan ukuran pori. Terlihat dari kenaikan suhu hingga 800°C perubahan morfologi permukaan karbon aktif terus membesar dalam pembentukan pori dan cenderung menurun ketika suhu mencapai 900°C. Hal ini menjelaskan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan dari batas suhu kalsinasi optimal maka akan menutupi ukuran pori yang telah terbentuk karena disebabkan oleh pori semakin luas dan dapat merusak dinding antar pori sehingga menurunkan porositasnya. Dinding yang rusak atau pecah akan masuk ke bagian dalam lubang pori dan menumpuk hingga menutupi pori yang telah terbentuk. Hal ini akan menyebabkan kurangnya efektivitas daya serap dari adsorbat tersebut. Menurut Teng (2000), suhu di atas 800°C, memungkinkan terjadinya pemutusan ikatan matriks karbon yang mengakibatkan kerusakan pada struktur karbon sehingga porositas tereduksi.



a.



b.



c.

Gambar 2. Morfologi permukaan karbon aktif dari aktivator asam fosfat dengan perbesaran 2.000 kali pada suhu kalsinasi (a. 700°C, b. 800°C, c. 900°C)

Tabel 1. Efektivitas Adsorpsi Logam Besi (Fe) pada Air Gambut

No	Aktivator	Suhu Kalsinasi (°C)	Logam Fe (mg/L)		Efektivitas (%)
			Sebelum	Sesudah	
1.	HCl	700	3,50	2,59	26,0
2.	HCl	800	3,50	2,83	19,1
3.	HCl	900	3,50	2,73	22,0
4.	H ₃ PO ₄	700	3,50	2,38	32,0
5.	H ₃ PO ₄	800	3,50	2,27	35,1
6.	H ₃ PO ₄	900	3,50	2,42	30,9

3.2 Hasil Uji Serap Karbon Aktif Terhadap Logam Fe

Hasil uji serap karbon aktif terhadap logam Fe disajikan pada Tabel 1. Tabel 1, menunjukkan angka penurunan kadar logam Fe pada air gambut pada masing-masing sampel karbon aktif dengan aktivator dan suhu aktivasi yang berbeda.

Tabel 1. Menunjukkan bahwa karbon aktif yang diaktivasi menggunakan larutan asam fosfat dengan suhu aktivasi 800°C, merupakan sampel dengan efektivitas optimum dalam menyerap logam Fe pada air gambut, yaitu sebesar 35,1%. Turunnya efektivitas daya serap karbon aktif terhadap kadar logam Fe pada Tabel.1 diasumsikan karena perbandingan rasio massa karbon aktif yang digunakan terhadap volume air gambut cukup tinggi. Dalam penelitian yang dilakukan ini, karbon aktif yang digunakan sebanyak 1,0 g dalam 1000 mL air gambut dan hanya mampu menyerap 2.53 mg/L dari 3.50 mg/L logam Fe. Semakin besar pori permukaan karbon yang terbentuk, maka luas permukaan karbon juga akan bertambah. Sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Bahtiar, yang menunjukan bahwa karbon aktif kulit durian yang diaktivasi dengan larutan kalium hidroksida yang mempunyai ukuran pori karbon aktif terbesar yaitu mencapai 8,03 µm, memperlihatkan efektivitas optimum dalam menyerap logam Fe mencapai 93,95%.

Semakin besar pori karbon aktif yang terbentuk, maka semakin besar pula peluang adsorbat akan menempel di permukaan pori karbon aktif. Bertambahnya luas permukaan tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan daya serap karbon yang disintesis. Oleh sebab itu, semakin besar daya karbon dalam menyerap logam pada air, maka semakin baik kualitas karbon aktif tersebut.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa karbon aktif limbah kayu bengkirai berpotensi dimanfaatkan sebagai adsorben. Suhu kalsinasi

berpengaruh pada pori yang dihasilkan. Karbon aktif yang diaktivasi dengan aktivator 25% HCl dan 25% H₃PO₄, keduanya menghasilkan ukuran pori terbesar saat disintesis dengan suhu aktivasi 800°C, yakni berturut-turut sebesar 4,12 µm dan 9,88 µm. Akan tetapi, dalam hal kemampuan menyerap logam Fe, sampel karbon aktif dengan aktivator H₃PO₄ yang diaktivasi 800°C menyerap lebih banyak logam Fe dari lima sampel lainnya yaitu sebesar 35,1%. Data tersebut belum bisa dikatakan optimal dalam penyerapan logam Fe pada air gambut dan masih dibutuhkan pengkajian lebih lanjut untuk membuat formula perbandingan antara karbon aktif dengan air gambut agar uji serap kadar logam mencapai titik optimal atau mengurangi resiko kesehatan jika dikonsumsi oleh masyarakat.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DITJEN DIKTI yang telah membiayai penelitian ini melalui Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) yang berjudul "Adsorpsi Logam Zn pada Air Sungai Penambangan Emas Menggunakan *Pyrochar* Limbah Gergaji Kayu" pada tahun 2015 sehingga penelitian ini dapat berlangsung.

Daftar Pustaka

- [1] Bahri, S., 2007. *Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu untuk Pembuatan Beriket Arang dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan di Nanggroe Aceh Darussalam*. Tesis. Medan: Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatra Utara
- [2] Sembiring, T., Meilita dan Sinaga, S., Tuti, 2003, *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Laporan Penelitian. Fakultas Teknik Industri. Universitas Sumatra Utara: Sumatra Utara.
- [3] Jamilatun, S. & Setyawan, M., 2014. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan. *Spektrum Industri*, 12(1), pp.98-112.
- [4] Bahtiar, A., Faryuni, I.D. & Jumarang, M.I., 2015. adsorpsi logam Fe menggunakan

- adsorben karbon aktif kulit durian teraktivasi larutan kalium hidroksida. *PRISMA FISIKA*, 3(1), pp.05-08.
- [5] Yusra, A., Yusnimar & Drastinawati, 2016. Penentuan Daya Jerap Karbon Aktif dari Meranti Merah Terhadap Ion Fe(III). *Jom FTEKNIK*, 03(02), pp.-.
- [6] Esterlita, M.O. & Herlina, N., 2015. PENGARUH PENAMBAHAN AKTIVATOR $ZnCl_2$, KOH, DAN H_3PO_4 DALAM PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI PELEPAH AREN (Arenga Pinnata). *Jurnal Teknik Kimia*, 04(01), pp.-.
- [7] Putra, Z., 2013. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Kayu Bakau dengan Aktivasi Fisika sebagai Filter Penjernih Air Sungai Tamiang melalui Proses Elektrokoagulasi*. Tesis. Medan: Magister Ilmu Fisika Universitas Sumatra Utara.
- [8] Apriani, R., Faryuni, I.D. & Wahyuni, D., 2013. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut. *PRISMA FISIKA*, 1(2), pp.82-86.